

Implementación con Raspberry PI de un Servidor Portátil de Contenidos

Rocío Rodríguez, Pablo Vera, Daniel Giulianelli, Pablo Cammarano

Universidad Nacional de La Matanza, Grupo de Investigación, Desarrollo y Formación en Innovación de Software (GIDFIS), San Justo, Buenos Aires, Argentina
 {rocio.rodriguez, pvera, dgiulian, pcammarano}@unlam.edu.ar

Resumen. En diversos ámbitos la conexión a internet no está disponible o la misma no es lo suficientemente estable como para poder ser utilizada en forma constante por un conjunto de personas. Para estos casos donde el uso de servicios web puede ser beneficioso, es necesario contar con un servidor que no dependa de la conexión a internet, es decir un servidor de contenidos portátil. La Raspberry Pi es una minicomputadora portátil de bajo costo y con el poder de cómputo suficiente como para ejercer este rol. Este trabajo se enfoca en cómo utilizar la Raspberry Pi no sólo como servidor de contenidos portátil sino también como punto de acceso. Haciendo que este servidor portátil no requiera de infraestructura de red adicional, permitiendo a los usuarios finales acceder desde diversos dispositivos. Los diversos usos de este enfoque serán analizados en el presente trabajo.

Palabras Clave: Raspberry Pi, Servidor, Dispositivos Móviles

1 Introducción

La Raspberry Pi (RPi) es un SBC (Single Board Computer) que tiene el tamaño de una tarjeta de crédito, desarrollada en Reino Unido por la fundación Raspberry Pi.

La tabla 1, muestra las prestaciones en cuanto a hardware de los distintos modelos. El modelo más reciente RPi 3 [1] incorpora wifi. A los modelos previos era necesario agregarle por USB una pequeña placa externa.

Tabla 1. Características de los Modelos de Raspberry Pi

	1A	1B	1B+	2B	3B
RAM	256 MB			512 MB	1GB
Almacenamiento				SD	Micro SD
Procesador			ARM 11	ARM Cortex – A7	ARM v8
Velocidad			700 MHz	900 MHz	1,2 GHz
Conectividad de Red	no			Ethernet	Ethernet,WiFi,Bluetooth
Nº USB	1	2			4
Nº GPIO		26			40
Tamaño					85 x 56 x 17 mm

La RPi se ha hecho masiva por su bajo costo, su pequeño tamaño que permite hacer portable la solución y la posibilidad de incorporar sensores si se requieren, lo cual permite una gran variedad de aplicaciones. Su popularidad puede analizarse a partir del interés por ella, medido por medio de Google Trends, en donde puede observarse en la figura 1, un pico de interés en el 2015, que produce el valor máximo de búsquedas efectuadas, considerado como 100%. Puede observarse también que la mayor parte del tiempo la cantidad de búsquedas se encuentran entre el 50% de dicho valor o mayor al 50%.



Fig. 1. Interés por el término “Raspberry Pi” medido por Google Trends

En cuanto a las regiones desde las cuales se han realizado la mayor cantidad de búsquedas, el máximo de búsquedas realizadas lo tiene Alemania (con ese valor se fija el 100%), en la tabla 2 se presentan los rangos de porcentajes (resumiendo la información obtenida en Google Trends). Los países marcados en negrita corresponden al porcentaje marcado en negrita en la misma fila, es decir que tienen por porcentaje uno de los valores de los límites del rango (por ejemplo: Alemania 100%, Chequia 50%, España 40%). En el intervalo de 80-70 no hay países por ello queda el renglón vacío en la tabla. Cabe destacar que el rango más bajo que iría de 10-0 se ha consignado de 10-4 dado que el país con menor tasa de búsqueda sobre la temática es Vietnam con el 4%.

Tabla 2. Interés por País

Rangos	Países
100-90	Alemania
90-80	Austria
80-70	----
70-60	Países Bajos, Suecia
60-50	Suiza, Chequia
50-40	Eslovenia, Finlandia, Estonia, Bélgica, Reino Unido, Portugal, Dinamarca, Noruega, España
40-30	Francia, Nueva Zelanda, Eslovaquia, Irlanda, Hungría, Singapur, Canadá, Australia
30-20	Sudáfrica, Estados Unidos, Italia, Hong Kong, Lituania, Croacia, Polonia, Corea del Sur, Grecia, Romania
20-10	Israel, Tunes, Bulgaria, Taiwan, China, India, Japón, Malasia, Chile, Serbia, Filipinas , Rusia
10-4	Emiratos Arabes Unidos, Ucrania, Argentina, Mexico, Brasil, Tailandia, Irán, Palestina, Colombia, Indonesia, Turquía, Perú, Vietnam

En base a lo indicado previamente la RPi es una solución de bajo costo, de interés para muchas regiones, con una gran diversidad de posibilidad para generar soluciones con el hardware que dispone. En cuanto al software, por medio de una tarjeta de memoria se puede instalar un sistema operativo. Existe una distribución de Linux particular para la RPi denominada Raspbian, pero también se pueden instalar otros sistemas operativos existiendo por ejemplo una versión específica de Windows 10 para este dispositivo. En cuanto al uso que se le puede dar a la RPi, existen diversos trabajos realizados en los últimos años, entre ellos se pueden mencionar aplicaciones dedicadas a:

- Domótica [2], [3], [4], [5];
- Monitoreo para Seguridad [6], [7], [8], [9];
- Streaming de Video/Audio [10], [11];
- Estación meteorológica [12], [13], [14];
- Agro [15], [16], [17], [18];
- Salud [19], [20], [21], [22];

Estos trabajos mencionados previamente muestran el gran abanico de acción que es posible alcanzar utilizando la Raspberry Pi. Lo cual la hace más que interesante para planificar diversas aplicaciones innovadoras. En el presente artículo se plantea el uso de la Raspberry Pi como servidor de contenidos, siendo este un punto de acceso para usuarios móviles. Sin requerir conexión a internet la Raspberry tendrá instalados los contenidos a ser consumidos. El presente artículo está organizado de la siguiente manera: En las secciones 2, 3 y 4 se explica cómo implementar dicho servidor de contenido, tomando en cuenta consideraciones de configuración y de software necesario, lo que incluye el desarrollo de un programa de monitoreo de performance. Luego en la sección 5 se analizan los múltiples usos que podría tener el contar con un servidor de contenidos, finalmente en la sección 6 se presentan las conclusiones y trabajos futuros.

2 Servidor de Contenidos

En este artículo se propone generar una red en la cual la Raspberry Pi (RPi) sea un servidor de contenidos y desde diversos dispositivos móviles puedan accederse a dichos contenidos. Para lo cual se realiza una red local en donde el punto de acceso a la misma estará provisto por la RPi.

Esta solución tiene por ventajas el acceso a contenidos:

- (1) Desde diversos dispositivos, entre ellos teléfonos celulares;
- (2) Sin necesitar tener una infraestructura de red existente.;
- (3) Sin contar con conectividad a internet.

Por otra parte, la portabilidad de la misma es importante, como se mencionó en la introducción la RPi tiene un tamaño pequeño, puede conectarse a la misma un teclado en miniatura (comercializables para Smart TV) que incorpora el mouse a través de un pad y una pantalla empujable si se desea. Puede como pantalla por HDMI enchufarse a un monitor, televisor o proyector. También es posible que para determinadas soluciones no se requiera tener constantemente una pantalla. El resultado final será una solución de bajo costo.

En cuanto a los requerimientos se pueden mencionar principalmente:

1. Que diversos tipos de clientes (notebooks, tablets, smartphones) puedan conectarse a una red inalámbrica creada y administrada por la Raspberry Pi. Dicha red no tiene que depender de una conexión a Internet.
2. Que un servidor web se pueda ejecutar en la Raspberry Pi, y que permita correr aplicaciones web que interaccionen con una base de datos.
3. Que exista un sistema de resolución de nombres (DNS) en la Raspberry Pi, permitiendo que los clientes accedan a las herramientas ofrecidas por el servidor mediante nombre fáciles de recordar. Por ejemplo: www.ejercicios.com.ar

3 Implementación

En cuanto a sistema operativo, para crear una solución de bajo costo, se selecciona Linux en su distribución particular para la RPi denominada Raspbian. “Linux es una gran opción para la raspberry pi ya que es gratuito y de código abierto. Por un lado mantiene el precio de la plataforma bajo y por el otro lo hace más configurable” [23]. “Raspbian es un sistema operativo gratuito basado en Debian (distribución de linux) y optimizado para el Hardware de la Raspberry Pi” [24]. Se instala además: Apache (Servidor Web), MySQL (Base de Datos). Sin costos asociados con el software, se desarrolló una solución que permita monitorear la performance ante múltiples accesos (lo cual es detallado en la sección 4). A continuación, se presentan en forma resumida, los pasos necesarios para la configuración del entorno:

- a) Configuración y acceso a la red: Comparando diferentes arquitecturas de red: redes ad-hoc, redes mesh y redes centralizadas. Se decide implementar la opción de red centralizada, siendo la Raspberry el único elemento que forma parte de la infraestructura de la red (junto con su adaptador wifi USB), dado que la raspberry disponible es Modelo 2 y no cuenta con placa integrada (tal como se detalló en la tabla 1). Para ello, es necesario configurar a la Raspberry como un punto de acceso (Access Point – AP), también llamado “hotspot”. Es importante destacar que no todos los adaptadores wifi pueden funcionar como un punto de acceso. El que se utilizó, “Ralink Technology Corp RT 5370 Wireless Adapter”, es capaz de hacerlo. Del lado del software, hay que instalar dos componentes: hostapd y udhcpd, que brindan diferentes funcionalidades. Mientras que hostapd se encarga de administrar el punto de acceso y ofrecer servicios de autenticación, udhcpd actúa como un servidor DHCP, para asignarles direcciones IP a los clientes de la red dinámicamente. Cabe destacar que existen otros componentes para estas mismas funcionalidades. La instalación de los mismos se realiza mediante la utilidad de gestión de paquetes de la Raspberry Pi (apt-get) y la configuración se hace a través de archivos, ubicados en la carpeta “/etc”. Existe la posibilidad de hacer un forwarding del tráfico de la red wifi hacia el puerto Ethernet de la Raspberry Pi que, si se encuentra conectado a Internet, puede ofrecer conectividad a los clientes de la red.

- b) Servidor Web: Se instaló el tradicional stack LAMP (Linux-Apache-MySQL-PHP). El proceso de instalación se hace utilizando la herramienta apt-get. También se instala por separado el servidor web, Apache 2, al igual que php5 y MySQL como motor de base de datos. También se instaló phpMyAdmin, que ofrece una interfaz gráfica para interactuar con bases de datos propias. Luego de la instalación, se agregan algunas páginas en “/var/www/html”, para verificar el correcto funcionamiento del servidor web.
- c) Servidor DNS: Para acceder a las páginas web del servidor, es necesario introducir la dirección IP de la Raspberry Pi en el navegador, algo que es incómodo y poco usable para los clientes de la red. Por lo tanto, se instaló un servidor DNS en la Raspberry Pi. El paquete software se llama “dnsmasq” y se instala mediante apt-get. La instalación requirió cambiar una configuración en el servidor DHCP, cambiando el servidor DNS por defecto a la propia Raspberry, de forma tal que las peticiones DNS de los clientes sean resueltas por dnsmasq. Esta utilidad cuenta con bastantes configuraciones, por el momento sólo se limitó al mapeo de las URLs a la dirección IP de la Raspberry, donde se está ejecutando el servidor web. Por ejemplo, la siguiente línea de configuración:
`address=/www.ejercicios.com.ar/192.168.0.1`
 permite que los clientes accedan a esa URL en lugar de conocer la dirección IP de la Raspberry. Cabe destacar, que no hay conflictos con dominios ya existentes en la web, debido a la naturaleza offline de este proyecto.

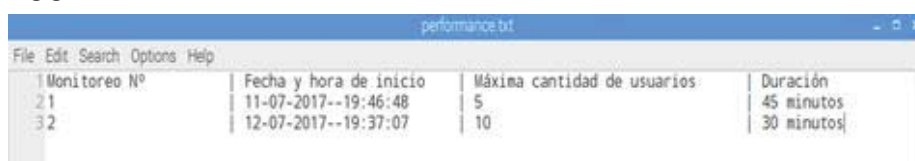
En la tabla 3, se presenta a modo de resumen los paquetes que fueron necesario instalar.

Tabla 3. Paquetes utilizados

Paquete	Descripción	Utilidad
Hostapd	Demonio (servicio) que se encarga de administrar el punto de acceso y además ofrece servicios de autenticación.	Para transformar la Raspberry Pi en un punto de acceso, con capacidades de servidor DHCP y DNS.
Udhcpcd	Servidor DHCP. Está incluido en la utilidad “busybox”.	
Dnsmasq	Servidor DNS.	
apache2	Servidor Web.	Hosting de páginas dinámicas que interactúen con una base de datos.
php5	Lenguaje server-side.	
mysql-server	Motor de base de datos.	
phpmyadmin	Interfaz web para administrar bases de datos MySQL.	
Npm	Gestor de paquetes de JavaScript.	Monitoreo de performance de la red que corre en segundo plano. También podrían utilizarse para hostear servicios web que sean consumidos por aplicaciones web.
Nodejs	Node.js, servidor JavaScript	
pm2	Gestor de procesos para Node.js	
Iw	Utilidad de Linux para gestionar dispositivos y conexiones inalámbricas.	

4 Monitoreo de performance

Teniendo en cuenta que el ámbito de aplicación podría requerir de la conexión de múltiples usuarios, es importante saber cuántos podrán conectarse simultáneamente a la red creada por la Raspberry Pi. Para ello, se desarrolló una aplicación Node.js, que corre en segundo plano mientras la Raspberry está en modo punto de acceso. Dicha aplicación monitorea la cantidad de usuarios conectados a la red, almacenando la cantidad máxima de usuarios y el tiempo que dichos usuarios permanecieron conectados a la red en un archivo de log en la Raspberry. En la figura 2, se muestra un log generado.



Monitoreo N°	Fecha y hora de inicio	Máxima cantidad de usuarios	Duración
21	11-07-2017--19:46:48	5	45 minutos
32	12-07-2017--19:37:07	10	30 minutos

Fig. 2. Log con los datos de los usuarios conectados

Además, la aplicación ofrece una interfaz web donde se puede ver la cantidad actual de usuarios conectados a la red, con información específica de cada uno, por ejemplo: cantidad de tráfico enviado y recibido (medido en bytes y en paquetes), intensidad de la señal (medido en dBm) y la tasa de bits (medido en MBit/s). Se utilizó el paquete de Linux “iw” para obtener dicha información. Para ejecutar la aplicación Node.js en segundo plano se usó el gestor de procesos “PM2”. Además, fue necesario configurar un reverse proxy en el servidor web Apache, para acceder a la aplicación Node.js sin necesidad de incluir en la URL el puerto en el cual corre la aplicación. Se usó “socket.io” para transferir información en tiempo real sobre la red desde la Raspberry hacia los clientes. En la figura 3 se muestra la captura de pantalla tanto del lado de la RPi como desde uno de los dispositivos móviles donde puede observarse los datos de monitoreo de performance en un caso reducido de 2 usuarios conectados.

Actualmente las pruebas se realizaron dentro del Laboratorio del GIDFIS (Grupo de Investigación, Desarrollo y Formación en Innovación de Software), con un total de 15 usuarios accediendo a la RPi en simultáneo, esto evidenció el acceso sin inconvenientes. Los usuarios en el día de prueba accedieron desde diversos equipos tal como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Prueba con Usuarios conectados en simultáneo

Cantidad de Usuarios	Equipo
5	Computadoras de Escritorio
2	Notebooks
6	Celulares
1	Tablet
1	Lector de Libros

Si bien 15 usuarios ya es una cantidad interesante para poder pensar aplicaciones de diversos tipos, se ha planificado más adelante incrementar la cantidad de usuarios para las pruebas solicitándoles a docentes y alumnos que ingresen a la RPi para visualizar un contenido. Previéndose pruebas con distinta cantidad de usuarios, por ejemplo: 50, 60, 100 conectados simultáneamente. Esto permitirá poder evidenciar que sucede cuando se aumenta la cantidad de usuarios.

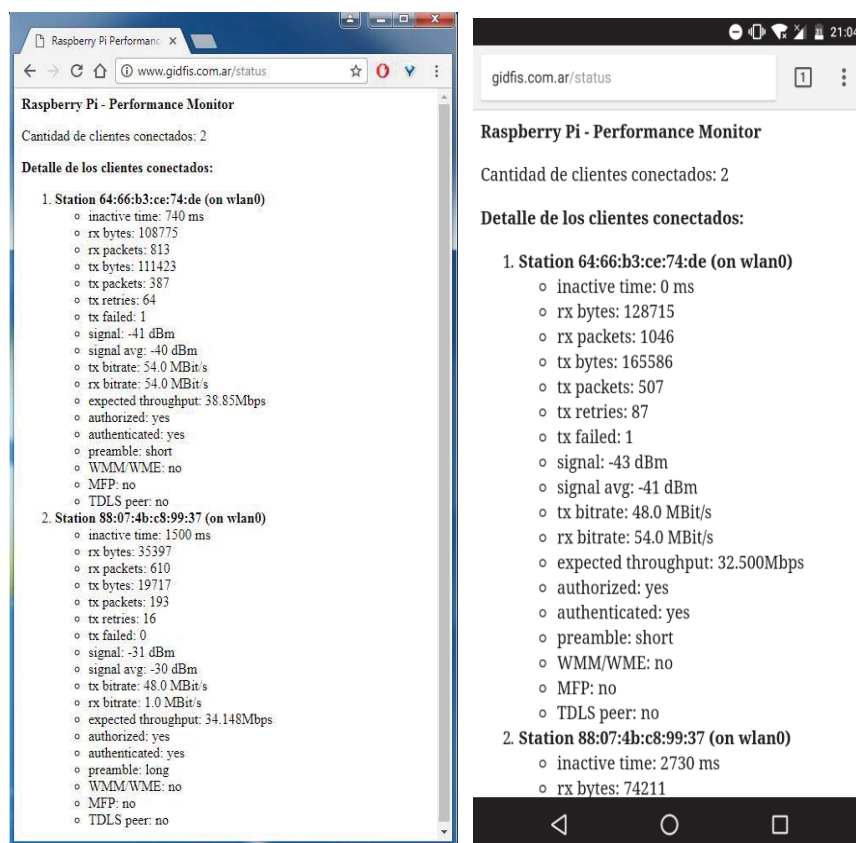


Fig. 3. Capturas de Pantallas del Software de Monitoreo Desarrollado

5 Usos Posibles

La Raspberry Pi como punto de acceso y servidor de contenidos sin necesidad de conexión a internet puede aprovecharse en diversos escenarios:

- Educación: en aulas donde no hay conexión a internet o la misma no está disponible permanente, puede utilizarse para:
 - Poner a disposición contenidos web pre-diseñados (texto, imágenes, audio, video).

- Generar preguntas o pequeñas trivias que puedan ser respondidas por los alumnos desde sus dispositivos durante la clase, a fin de sondear la opinión, conocimiento o entendimiento de determinado tema.
 - En aulas rurales donde no hay ninguna posibilidad de acceso a internet los docentes podrían incluso clonar algunos sitios útiles para trabajar en clase.
- Vehículos: en movimiento la conexión móvil a internet no siempre está disponible y además se pueden atravesar zonas sin cobertura, por lo tanto, una solución de este tipo podría ser de utilidad en distintos contextos:
 - Turismo: las agencias de turismo, en sus micros o mini-van al realizar excursiones pueden ofrecer contenido para que los turistas puedan ir consultando desde sus propios dispositivos para complementar las explicaciones del guía. Incluso pueden brindarse audio guías en distintos idiomas, videos, etc.
 - Autos particulares: para viajes largos la Raspberry Pi puede configurarse como un media center móvil pre-cargando, algunas películas, series o música que mediante streaming se pueda consumir desde un dispositivo móvil.
 - Taxis, Remises y Colectivos: si bien podría ofrecerse el mismo servicio que para autos particulares, en general, los viajes realizados en estos medios de transporte son más cortos, por lo que podrían clonarse por ejemplo algunos sitios web, de actualidad o de noticias para que el pasajero pueda ir leyendo durante el viaje sin utilizar su conexión a internet. También podría incluirse un módulo GPS para que el pasajero pueda conocer la velocidad del vehículo en el que se desplaza.
 - Como nodos de una red VANET (Vehicular Ad-Hoc Network) permitiendo la comunicación entre diferentes vehículos en forma directa. Estas redes pueden intercambiar en tiempo real información con otros vehículos como posición, velocidad y ser utilizadas para la prevención de accidentes alertando al usuario sobre otros vehículos en la zona.
- Supermercados: para brindar un servicio de consulta de precios sin necesidad de acceder físicamente a un lector. Incluso podría ofrecerse un servicio que permita ir calculando el gasto total realizado por el cliente.
- Salas de espera: además de brindar algunos de los servicios de entretenimiento antes mencionados, también podría generarse un sistema para reservar turnos para distintos trámites, sin necesidad de que todas las personas tengan que acceder a un único punto para sacar un número. Otra aplicación es consultar en que número está cada tipo de trámite ya que muchas veces no es visible por falta de espacio en las pantallas de los establecimientos (por ejemplo: en bancos donde se ven los últimos números llamados, pero como hay tanta variedad no se pueden mostrar los últimos números de todos los trámites disponibles).

6 Conclusiones

La implementación de la RPi como servidor de contenidos, permite tener un servidor de bajo costo que despliegue una gran cantidad de contenidos y servicios. La implementación requiere la selección de software adecuado y la configuración de la Raspberry para que pueda funcionar como nodo central de la red.

Las pruebas realizadas muestran que tiene una buena performance incluso ante diversos accesos simultáneos. La posibilidad de acceder a una red incluso sin la necesidad de contar con internet y con usuarios que accedan desde dispositivos móviles, le da una gran flexibilidad. Con lo realizado es posible consumir contenidos alojados en la Raspberry Pi. Como trabajo futuro se ha planificado generar mayor cantidad de accesos de usuarios móviles para poder realizar pruebas de performance. Pero no sólo performance en cuanto a accesos simultáneos sino también medir el rendimiento si se utiliza para streaming de video. Se considera además el desarrollo futuro algunos de los múltiples tipos de aplicaciones posibles.

Referencias

1. Raspberry Pi 3 Model B, <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>
2. Suryawanshi, S. G., & Annadate, S. A. (2016). Implementation of Smart Home Automation System through E-mail using Raspberry Pi and Sensors. <http://ijireeice.com/upload/2016/march-16/IJIREEICE%2047.pdf>
3. Pampattiwar, K., Lakhani, M., Marar, R., & Menon, R. (2017). Home Automation using Raspberry Pi controlled via an Android Application. <http://inpressco.com/wp-content/uploads/2017/05/Paper33962-967.pdf>
4. Kulkarni, B. P., Joshi, A. V., Jadhav, V. V., & Dhamange, A. T. (2017). IoT Based Home Automation Using Raspberry PI.
5. Segrera, C. C., & Calderón, M. (2017). Hogar Inteligente por Control de Voz Usando Redes Neuronales. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, 1(25).
6. Ibrahim, M., Elgamri, A., Babiker, S. and Mohamed, A., 2015, October. Internet of things based smart environmental monitoring using the Raspberry-Pi computer. In *Digital Information Processing and Communications (ICDIPC), 2015 Fifth International Conference on* (pp. 159-164). IEEE.
7. Ahmad, T., Studiawan, H. and Ramadhan, T.T., 2014. Developing a Raspberry Pi-based Monitoring System for Detecting and Securing an Object. <http://kbj.if.its.ac.id/wp-content/uploads/2015/03/2014-IES-PENS.pdf>
8. Snyder, R.M., 2014. Power monitoring using the Raspberry Pi. *Association Supporting Computer Users in Education "Our Second Quarter Century of Resource Sharing"*, p.82.
9. Yaldaie, A., 2016. Home automation and security system with the Raspberry Pi. <http://www.theseus.fi/handle/10024/106677>
10. Giulianelli, D. A., Rodríguez, R. A., Vera, P. M., Conca, A., Valles, G. Y., & Cammarano, P. (2016, May). Implementación de un sistema de video conferencia HD autónomo utilizando Raspberry Pi. In *XVIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2016, Entre Ríos, Argentina)*.
11. Khamankar, A., Phirke, A., Shah, K., Rangare, D., & Shinde, P. A. (2017). Portable voice communication system on raspberry pi. <https://www.irjet.net/archives/V4/i2/IRJET-V4I2295.pdf>

12. Salcedo Tovar, M.L. and Cendrós, J., 2016. Uso del minicomputador de bajo costo "Raspberry Pi" en estaciones meteorológicas. *Télématique*, 15(1), pp.62-84.
13. Anchundia, R. and Michael, J., 2015. Telemetría de Estación Meteorológica. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31545>
14. Malfatti, G.M., Pavan, W. and Cunha, J.M., 2014. Rede de estações meteorológicas automáticas sem fio. <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/133214/1/ID-43372-2014-TCC-MiniColetorDados.pdf>
15. Escalas Rodríguez, G., 2015. Diseño y desarrollo de un prototipo de riego automático controlado con Raspberry Pi y Arduino. <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/25074>
16. Parrales, L., Enrique, L., & Safadi Figueroa, H. E. (2017). Diseño y control de ambiente interno de un vivero modular para cultivo en interiores de plantas comestibles (Bachelor's thesis, Espol). <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/37278>
17. James, J. (2016, December). Plant growth monitoring system, with dynamic user-interface. In Humanitarian Technology Conference (R10-HTC), 2016 IEEE Region 10 (pp. 1-5). IEEE. <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7906781&isnumber=7906774>
18. Vaccaro Acosta, F.E., Soriano, A. and Alberto, J., 2015. Telecontrol de secadora de granos de cacao con energía solar y biogas. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/30149>
19. Trivi, M. R., Rabal, H., Grumel, E. E., Cap, N. L., & Buffarini, L. (2017, May). Técnicas de speckle dinámico: desarrollos y perspectivas. In IV Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería (La Plata, 2017) http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/60107/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1
20. Thota, J., Vangali, P., & Yang, X. (2017). Prototyping An Autonomous Eye-Controlled System (AECS) using Raspberry-Pi on Wheelchairs. *International Journal of Computer Applications*, 158(8).
21. Haney, J., Lim, S., & Chong, R. (2017, March). Automated sleep data extraction and streaming using Zeo sleep personal manager and Raspberry Pi. In SoutheastCon, 2017 (pp. 1-2). IEEE. <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/792527/>
22. Sethia, D., Singh, S., & Singhal, V. (2017). ABE Based Raspberry Pi Secure Health Sensor (SHS). In *Advances in Ubiquitous Networking 2* (pp. 599-610). Springer Singapore. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-1627-1_47
23. Richardson, M. and Wallace, S., 2012. Getting started with raspberry PI. " O'Reilly Media, Inc."
24. Raspbian, <https://www.raspbian.org/>